

Requested Patent: JP11275784A

Title: ELECTRIC VEHICLE ;

Abstracted Patent: JP11275784 ;

Publication Date: 1999-10-08 ;

Inventor(s):

TAJIMA FUMIO; MATSUNOBU YUTAKA; KAWAMATA SHOICHI; SHIBUKAWA  
SUETARO; KOIZUMI OSAMU; ODA KEIJI ;

Applicant(s): HITACHI LTD; HITACHI CAR ENG CO LTD ;

Application Number: JP19990038578 19990217 ;

Priority Number(s): JP19990038578 19990217 ;

IPC Classification: H02K1/27 ;

Equivalents: JP3592948B2 ;

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an electric vehicle with a long single charged drive range, using a permanent magnet rotary electric machine that can be rotated speedily as one portion of a driving mechanism. **SOLUTION:** A rotating electric machine 10 is constituted of a stator 20 of a stator core 22, where a stator coil 24 is wound and a rotor 30 that is rotatably retained at the inner periphery of the stator 20, and has a rotor core 32 and a plurality of permanent magnets 36 arranged facing the stator core 22 inside the rotor core 32. In this case, a ratio ( $R1/R0$ ) of a radius  $R0$  of the rotor 30 to distance up to the position at the inner-periphery side of the permanent magnet 36 from the center of the rotor 30 is set larger than 0.85.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-275784

(43) 公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H02K 1/27

識別記号

501

F I

H02K 1/27

501A

501M

審査請求 有 請求項の数7 OL (全9頁)

(21) 出願番号 特願平11-38578  
(62) 分割の表示 特願平8-64352の分割  
(22) 出願日 平成8年(1996)3月21日

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(71) 出願人 000232999  
株式会社日立カーエンジニアリング  
312 茨城県ひたちなか市高場2477番地  
(72) 発明者 田島 文男  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内  
(72) 発明者 松延 豊  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内  
(74) 代理人 弁理士 春日 護

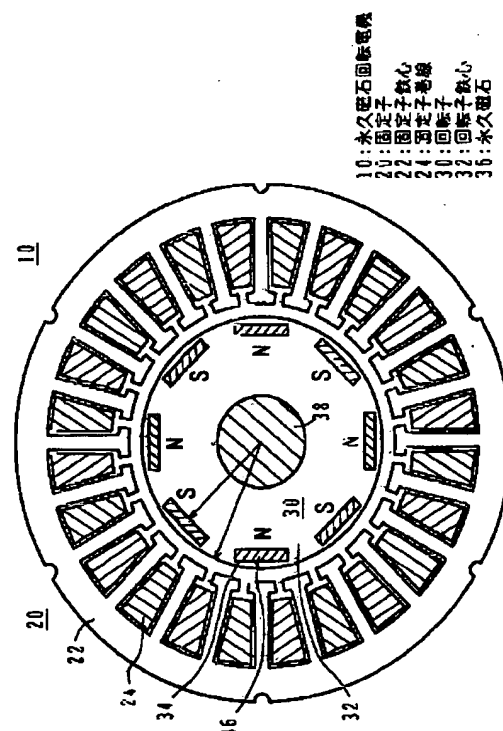
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動車両

(57) 【要約】

【課題】 高速回転の可能な永久磁石回転電機を駆動機構の一部として用いることにより、一充電走行距離の長い電動車両を提供するにある。

【解決手段】 回転電機10は、固定子巻線24を巻回した固定子鉄心22を有する固定子20と、固定子20の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心32とこの回転子鉄心32の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数個の永久磁石36を有する回転子30とから構成されている。ここで、回転子30の半径R0と、回転子30の中心から永久磁石36の内周側の位置までの距離R1の比 ( $R1/R0$ ) を0.85より大きくしている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、

この固定子の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心とこの回転子鉄心の回転軸方向に設けられたシャフトとこの回転子鉄心の周囲に沿って配置された複数の永久磁石とからなる回転子とを備え、

上記永久磁石の個数と同数の永久磁石挿入穴が上記回転子鉄心の内部に設けられ、

上記永久磁石は、比  $(R1/R0)$  が0.85より大きな位置にある上記永久磁石挿入穴に挿入され、ここで、 $R0$ は、上記回転子の半径であり、 $R1$ は、上記回転子の中心から上記永久磁石の内周側の位置までの距離である永久磁石回転電機を駆動機構の一部として有する電動車両。

【請求項2】 請求項1記載の電動車両において、上記永久磁石の厚み $R3$ を、上記挿入穴の半径方向の外周端部に沿って配置された磁極部と、上記磁極部に周方向に近接して配置された軸方向の磁極部との間の境界部に形成された回転子鉄心のブリッジ部の厚さ $R2$ の2倍以下としたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項3】固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、

この固定子の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心とこの回転子鉄心の回転軸方向に設けられたシャフトとこの回転子鉄心の周囲に沿って配置された複数の永久磁石とからなる回転子とを備え、

上記永久磁石の個数と同数の永久磁石挿入穴が上記回転子鉄心の内部に設けられ、

上記永久磁石は、比  $(R1/R0)$  が0.85より大きな位置にある上記永久磁石挿入穴に挿入され、ここで、 $R0$ は、上記回転子の半径であり、 $R1$ は、上記回転子の中心から上記永久磁石の内周側の位置までの距離であるとともに、

上記回転子鉄心は、上記シャフトと上記永久磁石挿入穴との間に設けられた複数の風穴を備えた永久磁石回転電機を駆動機構の一部として有する電動車両。

【請求項4】固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、

この固定子の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心とこの回転子鉄心の回転軸方向に設けられたシャフトとこの回転子鉄心の周囲に沿って配置された複数の永久磁石とからなる回転子とを備え、

上記永久磁石の個数と同数の永久磁石挿入穴が上記回転子鉄心の内部に設けられ、

上記永久磁石は、比  $(R1/R0)$  が0.85より大きな位置にある上記永久磁石挿入穴に挿入され、ここで、 $R0$ は、上記回転子の半径であり、 $R1$ は、上記回転子の中心から上記永久磁石の内周側の位置までの距離であるとともに、

上記永久磁石挿入穴の外周方向の長さは、上記永久磁石の長さよりも長く、上記永久磁石が対応する上記永久磁石挿入穴に挿入されるとき、上記永久磁石のそれぞれの両端部に一对の空隙が形成される永久磁石回転電機を駆動機構の一部として有する電動車両。

【請求項5】請求項4記載の電動車両において、上記空隙は、樹脂により充填されていることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項6】請求項1記載の電動車両において、上記永久磁石挿入穴は、それぞれ、その周方向の両端部に一对のスリットを有することを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項7】固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、

この固定子の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心とこの回転子鉄心の回転軸方向に設けられたシャフトとこの回転子鉄心の周囲に沿ってリング状に配置された複数の永久磁石とからなる回転子とを備え、

上記永久磁石の個数と同数の永久磁石挿入穴が上記回転子鉄心の内部に設けられ、

上記永久磁石は、比  $(R1/R0)$  が0.85以上の位置にある上記永久磁石挿入穴に挿入され、ここで、 $R0$ は、上記回転子の半径であり、 $R1$ は、上記複数の永久磁石の上記固定子から離れた側の端面に内接する仮想円の半径である永久磁石回転電機を駆動機構の一部として有する電動車両。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久磁石回転電機を駆動機構の一部として有する電動車両に係り、特に、内部磁石型回転電機に好適な永久磁石回転電機を駆動機構の一部として有する電動車両に関する。

## 【0002】

【従来の技術】電動車両、特に、電気自動車において使用される駆動電動機は、電気自動車として積載されるバッテリーの量が限定され、かつ、そのバッテリー容量で十分な充電走行距離を確保することが必要のために、小型軽量、高効率であることが望まれている。

【0003】電動機を小型軽量化するためには、高速回転に適していることが要望される。また、高効率電動機としては、直流電動機や誘導電動機よりも永久磁石電動機が推奨できる。特に、永久磁石を回転子の外周に配置する表面磁石電動機に比較して、永久磁石よりも高い透磁率を有する、例えば、珪素鋼板の中に永久磁石保持部を有するいわゆる内部磁石電動機が適している。内部磁石永久磁石電動機は、弱め界磁制御によって高速まで運転できる点や、弱め界磁制御によって高効率にできるためである。更に、電動機を小型軽量にするためには高性能の永久磁石を使用することが不可欠である。しかし、高性能な永久磁石は高価であるため、使用量を限定する

ことが必要である。一方、永久磁石の使用量を制限するには、極数を多くすることが必要である。この方式の電動機の従来例としては、例えば、特開平5-76146号公報に記載のように、回転子の中に8極の永久磁石を内蔵したものが知られている。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平5-76146号公報に記載のものにおいては、遠心力を受ける永久磁石の外周に位置する磁極片の重量が大きいため、磁極片の両端に位置するブリッジ部の径方向の厚さを大きくする必要があり、高速回転への配慮がなされていないものであった。従って、かかる回転電機を用いた電動車両においては、一充電走行距離が短いという問題があった。

【0005】本発明の目的は、高速回転の可能な永久磁石回転電機を駆動機構の一部として用いることにより、一充電走行距離の長い電動車両を提供するにある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】(1) 上記目的を達成するために、本発明は、固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心とこの回転子鉄心の回転軸方向に設けられたシャフトとこの回転子鉄心の周囲に沿って配置された複数の永久磁石とからなる回転子とを備え、上記永久磁石の個数と同数の永久磁石挿入穴が上記回転子鉄心の内部に設けられ、上記永久磁石は、比  $(R1/R0)$  が0.85より大きな位置にある上記永久磁石挿入穴に挿入され、ここで、 $R0$ は、上記回転子の半径であり、 $R1$ は、上記回転子の中心から上記永久磁石の内周側の位置までの距離としたものであり、かかる構成により、漏洩磁束を低減して、回転電機を小型軽量化でき、従って、高速回転し得るため、一充電走行距離を長くし得るものとなる。

【0007】(2) 上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記永久磁石の厚み $R3$ を、上記挿入穴の半径方向の外周端部に沿って配置された磁極部と、上記磁極部に周方向に近接して配置された軸方向の磁極部との間の境界部に形成された回転子鉄心のブリッジ部の厚さ $R2$ の2倍以下としたものであり、かかる構成により、高速化に対応し得るものとなる。

【0008】(3) 上記目的を達成するために、本発明は、固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心とこの回転子鉄心の回転軸方向に設けられたシャフトとこの回転子鉄心の周囲に沿って配置された複数の永久磁石とからなる回転子とを備え、上記永久磁石の個数と同数の永久磁石挿入穴が上記回転子鉄心の内部に設けられ、上記永久磁石は、比  $(R1/R0)$  が0.85より大きな位置にある上記永久磁石挿入穴に挿入され、ここで、 $R0$ は、上記回転子の半径であり、 $R1$ は、上記回転

子の中心から上記永久磁石の内周側の位置までの距離であるとともに、上記回転子鉄心は、上記シャフトと上記永久磁石挿入穴との間に設けられた複数の風穴を備えるようにしたものであり、かかる構成によって、回転電機を軽量化し、かつ磁束量を増加でき、従って、高速回転し得るため、一充電走行距離を長くし得るものとなる。

【0009】(4) 上記目的を達成するために、本発明は、固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心とこの回転子鉄心の回転軸方向に設けられたシャフトとこの回転子鉄心の周囲に沿って配置された複数の永久磁石とからなる回転子とを備え、上記永久磁石の個数と同数の永久磁石挿入穴が上記回転子鉄心の内部に設けられ、上記永久磁石は、比  $(R1/R0)$  が0.85より大きな位置にある上記永久磁石挿入穴に挿入され、ここで、 $R0$ は、上記回転子の半径であり、 $R1$ は、上記回転子の中心から上記永久磁石の内周側の位置までの距離であるとともに、上記永久磁石挿入穴の外周方向の長さは、上記永久磁石の長さよりも長く、上記永久磁石が対応する上記永久磁石挿入穴に挿入されるとき、上記永久磁石のそれぞれの両端部に一对の空隙が形成するようにしたものであり、かかる構成により、脈動トルクやコギングトルクの発生を低減し得るため、一充電走行距離を長くし得るものとなる。

【0010】(5) 上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記空隙は、樹脂により充填するようにしたものであり、かかる構成により、永久磁石の回転子鉄心への接触を緩和し得るものとなる。

【0011】(6) 上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記永久磁石挿入穴は、それぞれ、その周方向の両端部に一对のスリットを有するようにしたものであり、かかる構成により、永久磁石の位置決めを容易とし得るものとなる。

【0012】(7) 上記目的を達成するために、本発明は、固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心とこの回転子鉄心の回転軸方向に設けられたシャフトとこの回転子鉄心の周囲に沿ってリング状に配置された複数の永久磁石とからなる回転子とを備え、上記永久磁石の個数と同数の永久磁石挿入穴が上記回転子鉄心の内部に設けられ、上記永久磁石は、比  $(R1/R0)$  が0.85以上の位置にある上記永久磁石挿入穴に挿入され、ここで、 $R0$ は、上記回転子の半径であり、 $R1$ は、上記複数の永久磁石の上記固定子から離れた側の端面に内接する仮想円の半径としたものであり、かかる構成により、電動車両の一充電走行距離の長くし得るものとなる。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態によ

る永久磁石回転電機について、図1、図2、図3を用いて説明する。図1は、本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の正面側から見た部分断面図であり、図2は、図1のA-A断面を示し、本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の断面図であり、図3は、図2の要部拡大図である。

【0014】図1において、回転電機10の固定子20は、固定子鉄心22と、この固定子鉄心22に巻回された多相の固定子巻線24と、固定子鉄心22をその内周面に固定保持するハウジング26から構成されている。回転子30は、回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた永久磁石挿入孔34に挿入された永久磁石36と、シャフト38とから構成されている。シャフト38は、ベアリング42、44によって回転自在に保持されている。ベアリング42、44は、エンドブラケット46、48によって支持されており、エンドブラケット46、48は、ハウジング26の両端にそれぞれ固定されている。

【0015】また、回転子30の永久磁石36の位置を検出する磁極位置検出器PS及び回転子30の位置を検出するエンコーダEが、回転子30の側面側に配置されている。回転電機10は、磁極位置検出器PSの信号と、エンコーダEの出力信号によって、図示しない制御装置によって運転制御される。

【0016】図2は、図1のA-A矢視の断面図であるが、ハウジングの図示は省略してある。図2において、回転電機10は、固定子20と回転子30とから構成されている。固定子20は、固定子鉄心22と固定子巻線24から構成される。固定子巻線24は、固定子鉄心22に巻回されている。

【0017】回転子30は、高透磁率磁性材料である。例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた8個の永久磁石挿入孔34に挿入された8個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。8個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0018】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。

【0019】永久磁石回転子30は、矢印(反時計)方向に回転し、電動機として運転するものとする。使用する永久磁石36の形状は、直方体とする。

【0020】次に、図3を用いて、回転子の詳細構造について説明する。

【0021】回転子鉄心32を半径方向に分けると、内周側のヨーク部32Aと、外周部32Bに分けられる。

また、回転子鉄心32の外周部32Bを周方向に3つの部分に分けると、磁極片部32B1と、補助磁極片部32B2と、ブリッジ部32B3に分けられる。磁極片部32B1は、回転子鉄心32の外周部32Bの中で、永久磁石36の外周側に位置する領域であり、永久磁石36からの磁束Bφがギャップを介して固定子20側に流れて磁気回路を構成する領域である。補助磁極片部32B2は、磁極片部32B1の間に挟まれる領域であり、磁石の磁気回路をバイパスして、固定子の起磁力によって直接磁束を固定子側に発生させる領域である。ブリッジ部32B3は、磁極片部32B1と補助磁極片部32B2との境界の部分であり、永久磁石36の外周が、回転子鉄心32の外周に最も近接している部分である。

【0022】以上の構成で、図示しない制御装置によって、固定子巻線24に流す電流のつくる電機子起磁力の合成ベクトルを、補助磁極部32B2の中心位置より回転方向に向くように制御することによって、回転電機10は、永久磁石36によるトルクの他に補助磁極部32B2によるトルクを発生することができ、高トルクの電動機として運転することができる。

【0023】永久磁石の形状としては、直方体のものを採用しているため、円弧状の磁石に比較して寸法精度が確保でき、ブリッジ部32B3等を精度よくでき、従って、回転子のバランス作業なしに高速回転に供することができる。

【0024】本実施の形態においては、永久磁石回転電機における永久磁石36の配置位置に特徴を有している。回転子30の半径をR0とし、回転子30の中心から永久磁石36の内周側の位置までの距離をR1とすると、その比( $R1/R0$ )を0.85より大きくしている。

【0025】永久磁石36を挿入するために、回転子鉄心30には永久磁石挿入孔34が形成されている。この永久磁石挿入孔34に永久磁石36が挿入され、回転子30が回転すると、遠心力が発生するが、回転子30の全体によって発生する遠心力の内、永久磁石36及び永久磁石36の外周に存在する磁極片部32B1によって発生する遠心力は、ブリッジ部32B3に集中することになる。そこで、この永久磁石によって発生する遠心力を、回転子30の全体によって発生する遠心力の1/2より小さくするように、永久磁石36の配置位置を設定するようにした。その結果、回転子30の半径R0と、回転子30の中心から永久磁石36の内周側の位置までの距離R1の比( $R1/R0$ )を0.85より大きくすることにより、永久磁石によって発生する遠心力を、回転子30の全体によって発生する遠心力の1/2より小さくすることができる。

【0026】以上のように、永久磁石36の配置位置を設定することにより、永久磁石36によって発生する遠心力を小さくできるので、遠心力が最も作用するブリッ

ジ部32B3の半径方向の厚さR2を短くすることができる。ブリッジ部32B3の半径方向の厚さR2が長くなると、永久磁石36から発生する磁束が、ブリッジ部32B3を経由して漏れる漏れ磁束BLとなるため、回転電機によって発生するトルクが減少する。漏れ磁束BLが大きいにも拘らず、発生するトルクを所定値にしようとする、回転電機自体を大型化せざるを得ず、高速化は達成できなくなる。

【0027】しかしながら、上述したように、回転子30の半径R0と、回転子30の中心から永久磁石36の内周側の位置までの距離R1の比( $R1/R0$ )を0.85より大きくすることにより、永久磁石36によって発生する遠心力を、回転子30の全体によって発生する遠心力の1/2より小さくすることができるので、ブリッジ部32B3の半径方向の厚さR2を狭くできるので、漏れ磁束BLを低減でき、発生するトルクの低減がなく、その結果、高速化を達成できるものである。

【0028】図3に示した実施の形態においては、回転子30の半径R0が、57.5mmであり、回転子30の中心から永久磁石36の内周側の位置までの距離R1が、49.5mmとしてある。その結果、回転子30の半径R0と、回転子30の中心から永久磁石36の内周側の位置までの距離R1の比( $R1/R0$ )が、0.86となっている。なお、永久磁石36の半径方向の厚みR3は、4mmであり、磁極片部32B1の半径方向の最大厚みR4は、4mmであり、その時、ブリッジ部32B3の半径方向の厚みR2は、2mmとなっている。

【0029】永久磁石36及び永久磁石36の外周に存在する磁極片部32B1によって発生する遠心力を、回転子30の全体によって発生する遠心力の1/2より小さくしてあるので、ブリッジ部32B3の厚みR2が2mmでも遠心力によってブリッジ部32B3が壊れることはなく、また、ブリッジ部32B3の厚みR2を狭くすることができた結果、ブリッジ部32B3からの漏れ磁束も低減できるので、発生トルクを大きくできる。従って、回転電機のサイズを小型軽量化できるので、回転電機の高速回転が可能となる。

【0030】ちなみに、特開平5-76146号公報の第1頁目の要約に図示された例では、 $R1/R0$ に相当する値は、 $(2.1/2.9)=0.72$ となり、この時発生する遠心力は、本願の図3に示した場合の約1.5倍となるため、ブリッジ部の厚みを厚くせざるを得ず、その結果、漏洩磁束も大きくなり、発生トルクが低減するので、高速化には適さないものとなる。

【0031】さらに、永久磁石の厚さは、できる限り薄い方がより高速に対応できる。特に、図示したように、永久磁石36の厚みR3をブリッジ部32B3の厚さR2の2倍以下とすることにより高速の永久磁石回転電機を提供することができる。

【0032】本実施の形態によれば、漏洩磁束を低減で

きるため、内部永久磁石回転電機における発生トルクの低減を防止でき、その結果、回転電機を小型軽量化できるので、回転電機を高速回転可能となる。

【0033】次に、本発明の他の実施の形態による永久磁石回転電機について、図4を用いて説明する。図4は、本発明の他の実施の形態による永久磁石回転電機の回転子の断面図である。本実施の形態による回転電機の全体構造は、図1に示したとおりであり、また、固定子の構造は、図2に示したとおりである。

【0034】図4において、回転電機の回転子30は、高透磁率磁性材料である、例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた8個の永久磁石挿入孔34に挿入された8個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。8個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0035】さらに、永久磁石36の内周側には、永久磁石36と同数の風穴39が形成されている。

【0036】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔と風穴39が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔と風穴39が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。その時、各層の回転子鉄心32に形成された風穴39は、連通するようになっている。従って、永久磁石32とシャフト38の間には、空気が流通可能な風穴が形成されている。

【0037】永久磁石回転子30は、矢印(反時計)方向に回転し、電動機として運転するものとする。使用する永久磁石36の形状は、直方体とする。

【0038】永久磁石の内周側のヨーク部の中に、永久磁石を個数と同数の風穴39を設けることにより、回転子30を軽量化できるので、回転電機全体を軽量化でき、高速回転に適したものとなる。

【0039】また、永久磁石36として、特に、稀土類磁石を用いた場合には、温度上昇による磁束の減少が大きいものである。そこで、永久磁石を個数と同数の風穴39を設けることにより、回転子30の内周に冷却風をいれる構成とすることによって磁石温度を低くし、磁束量を増加させ、トルクを増加させることができる。

【0040】なお、高速内転型永久磁石回転電機においては、永久磁石36が外周側に配置されるために、内周側の回転子鉄心32のヨーク部32Aの磁束密度は極端に低くなる。そのため、風孔39を設ける余地がある。

【0041】また、風孔39を設けたことによる磁石回転子32の軽量化は、ベアリング42、44の負担を軽減できる。

【0042】以上の構成によって小型軽量高効率で高速

回転に適した永久磁石回転電機を提供することができる。

【0043】図4に示す例において、回転子30の半径R0が、57.5mmであり、回転子30の中心から永久磁石36の内周側の位置までの距離R1が、49.5mmとしてあり、図3に示す例と同じ大きさとしたとき、風穴39の内周側の半径方向の距離R5を27mmとし、風穴39の半径の方向の距離R6を17mmとし、風穴39の外周側の幅を永久磁石36の幅と同じ大きさとしてすることができる。この時、回転子30の全重量を、27%低減することができる。

【0044】風穴39の個数としては、永久磁石36の個数と同数が好ましいが、永久磁石36の個数より少なくてもよい。その時は、回転バランスを考慮して、永久磁石36の個数の整数分の1の穴数とすることが好ましい。

【0045】風穴39の開口面積の合計は、回転子30の断面積の20%以上とすることが効果的である。

【0046】本実施の形態によれば、漏洩磁束を低減できるため、内部永久磁石回転電機における発生トルクの低減を防止でき、その結果、回転電機を小型軽量化できるので、回転電機を高速回転可能となる。

【0047】また、永久磁石の内周側のヨーク部の中に、風穴を設けることにより、回転子を軽量化できるので、回転電機全体を軽量化でき、高速回転に適したものとなる。

【0048】また、風穴を設けることにより、回転子の内周に冷却風をいれる構成とすることによって磁石温度を低くし、磁束量を増加させ、トルクを増加させることができる。

【0049】また、風孔を設けたことによる磁石回転子の軽量化できるため、ベアリングの負担を軽減できる。

【0050】次に、本発明の第3の実施の形態による永久磁石回転電機について、図5、図6を用いて説明する。図5は、本発明の第3の実施の形態による永久磁石回転電機の回転子の断面図であり、図6は、図5に示す実施の形態における磁束密度の分布を説明する図である。本実施の形態による回転電機の全体構造は、図1に示したとおりであり、また、固定子の構造は、図2に示したとおりである。

【0051】図5において、回転電機の回転子30は、高透磁率磁性材料である、例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた8個の永久磁石挿入孔34に挿入された8個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。8個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0052】さらに、永久磁石36の内周側には、永久磁石36と同数の風穴39が形成されている。

【0053】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔と風穴39が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔と風穴39が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。その時、各層の回転子鉄心32に形成された風穴39は、連通するようになっている。従って、永久磁石32とシャフト38の間には、空気が流通可能な風穴が形成されている。

【0054】さらに、回転子鉄心32に設けられた永久磁石挿入孔34の長さを、永久磁石36の長さより大きくして、ブリッジ部の孔52、54を構成する。ブリッジ部の孔52、54は、接着剤等で埋める。また、永久磁石36の半径方向外周の隙間も、接着剤等で埋めることによってより強固な構成とすることができる。

【0055】以上の構成により、永久磁石の使用量を減らすことができる。希土類磁石は高価であることから、磁石量の低減は効果的である。なお、磁石量を少なくしても、永久磁石36の周方向の両端には、孔52、54が存在するため、補助磁極側へ漏洩する磁束が減少するため、トルクが低減するおそれはない。

【0056】また、磁極片と補助磁極との間の内周側にブリッジ部の孔52、54を有する構成では、空隙面の磁束密度の周方向の傾斜が緩やかになり、脈動トルク、コギングトルクの発生を低減することができる。即ち、図6の実線で示すように、永久磁石36によって発生する磁束密度は、永久磁石36に対向する部分では、均一であり、永久磁石36の両端部では、孔52、54の存在により、空隙面の磁束密度の周方向の傾斜が緩やかになる。なお、図6中で、破線は、永久磁石挿入孔34の長さ、永久磁石36の長さを等しくした場合の磁束密度を示しており、この場合では、磁束密度の両端部の変化が急激となる。

【0057】本実施の形態によれば、漏洩磁束を低減できるため、内部永久磁石回転電機における発生トルクの低減を防止でき、その結果、回転電機を小型軽量化できるので、回転電機を高速回転可能となる。

【0058】また、永久磁石の内周側のヨーク部の中に、風穴を設けることにより、回転子を軽量化できるので、回転電機全体を軽量化でき、高速回転に適したものとなる。

【0059】また、風穴を設けることにより、回転子の内周に冷却風をいれる構成とすることによって磁石温度を低くし、磁束量を増加させ、トルクを増加させることができる。

【0060】また、風孔を設けたことによる磁石回転子の軽量化できるため、ベアリングの負担を軽減できる。

【0061】さらに、永久磁石量を低減することができる。

【0062】また、磁束密度の周方向の傾斜が緩やかになり、脈動トルク、コギングトルクの発生を低減することができる。

【0063】次に、本発明の第4の実施の形態による永久磁石回転電機について、図7を用いて説明する。図7は、本発明の第4の実施の形態による永久磁石回転電機の回転子の断面図である。

【0064】本実施の形態による回転電機の全体構造は、図1に示したとおりであり、また、固定子の構造は、図2に示したとおりである。

【0065】図6において、回転電機の回転子30は、高透磁率磁性材料である、例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた8個の永久磁石挿入孔34'に挿入された8個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。8個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0066】さらに、永久磁石36の内周側には、永久磁石36と同数の風穴39が形成されている。

【0067】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34'とシャフト38を通す孔と風穴39が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34'とシャフト38を通す孔と風穴39が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34'とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。その時、各層の回転子鉄心32に形成された風穴39は、連通するようになっている。従って、永久磁石32とシャフト38の間には、空気が流通可能な風穴が形成されている。

【0068】ここで、永久磁石挿入孔34の両端には、スリット62、64を形成するようにしている。このスリット62、64は、図5に示した孔52、54の内周側の回転子鉄心32を外周側にあげる構成としてある。この構成では、永久磁石36の周方向への位置決めが可能となる。また、ワニス等の接着剤をブリッジ部の空隙部に充填するにも、使用量を少なくすることができる。

【0069】また、永久磁石36を永久磁石の挿入孔34'に挿入すると、永久磁石36の吸引力により、近接する磁性材側に吸引されるため、磁気的に安定な内径側に収納できる。これは、永久磁石の外周側にワニス等の接着剤の挿入を容易にする。ワニスは、磁極片32B1と永久磁石36の機械的な接触を緩和し、高速回転に適した永久磁石回転電機を提供することができる。

【0070】本実施の形態によれば、漏洩磁束を低減できるため、内部永久磁石回転電機における発生トルクの低減を防止でき、その結果、回転電機を小型軽量化できるので、回転電機を高速回転可能となる。

【0071】また、永久磁石の内周側のヨーク部の中

に、風穴を設けることにより、回転子を軽量化できるので、回転電機全体を軽量化でき、高速回転に適したものとなる。

【0072】また、風穴を設けることにより、回転子の内周に冷却風をいれる構成とすることによって磁石温度を低くし、磁束量を増加させ、トルクを増加させることができる。

【0073】また、風孔を設けたことによる磁石回転子の軽量化できるため、ベアリングの負担を軽減できる。

【0074】さらに、永久磁石の位置決めが容易となる。

【0075】次に、本発明の第5の実施の形態による永久磁石回転電機を用いた電気自動車について、図8を用いて説明する。図8は、本発明の第5の実施の形態による永久磁石回転電機を搭載した電気自動車のブロック構成図である。

【0076】電気自動車の車体100は、4つの車輪110、112、114、116によって支持されている。この電気自動車は、前輪駆動であるため、前方の車輪154には、永久磁石回転電機120が直結して取り付けられている。永久磁石回転電機120は、制御装置130によって駆動トルクが制御される。制御装置130の動力源としては、バッテリー140が備えられ、このバッテリー140から電力が制御装置130を介して、永久磁石回転電機120に供給され、永久磁石回転電機120が駆動されて、車輪110、114が回転する。ハンドル150の回転は、ステアリングギア152及びタイロッド、ナックルアーム等からなる伝達機構を介して、2つの車輪110、114に伝達され、車輪の角度が変えられる。

【0077】なお、以上の実施例では、永久磁石回転電機を電気自動車の車輪の駆動に用いるものとして説明したが、電気機関車等の車輪の駆動にも使用できるものである。

【0078】本実施の形態によれば、永久磁石回転電機を電動車両、特に電気自動車に適用すれば、小型軽量高効率の永久磁石回転電機駆動装置を搭載でき、一充電走行距離の長い電気自動車を提供することができる。

【0079】

【発明の効果】本発明によれば、高速回転の可能な永久磁石回転電機を駆動機構の一部として用いることにより、電動車両の一充電走行距離の長くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の正面側から見た部分断面図である。

【図2】図1のA-A断面を示し、本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の断面図である。

【図3】図2の要部拡大図である。

【図4】本発明の他の実施の形態による永久磁石回転電



機の回転子の断面図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態による永久磁石回転電機の回転子の断面図である。

【図6】図5に示す実施の形態における磁束密度の分布を説明する図である。

【図7】本発明の第4の実施の形態による永久磁石回転電機の回転子の断面図である。

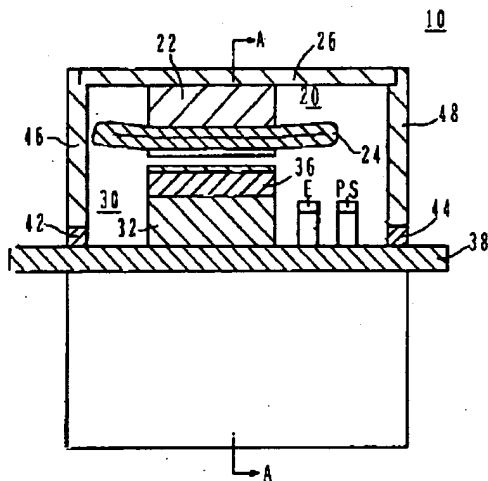
【図8】本発明の第5の実施の形態による永久磁石回転電機を搭載した電気自動車のブロック構成図である。

【符号の説明】

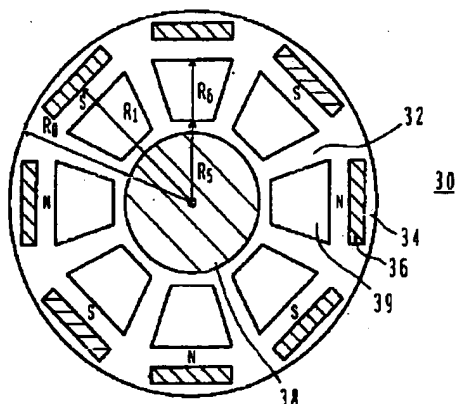
10…永久磁石回転電機  
20…固定子  
22…固定子鉄心  
24…固定子巻線  
26…ハウジング  
30…回転子  
32…回転子鉄心  
32A…ヨーク  
32B…外周部

32B2…補助磁極片部  
32B1…磁極片部  
32B3…ブリッジ部  
34…永久磁石挿入穴  
36…永久磁石  
38…シャフト  
39…風孔  
46, 48…エンドブラケット  
42, 44…ベアリング  
52, 54…ブリッジ部の孔  
62, 64…スリット部  
100…車体  
110, 112, 114, 116…車輪  
130…制御装置  
140…バッテリー  
150…ハンドル  
152…ステアリングギア  
154…車軸

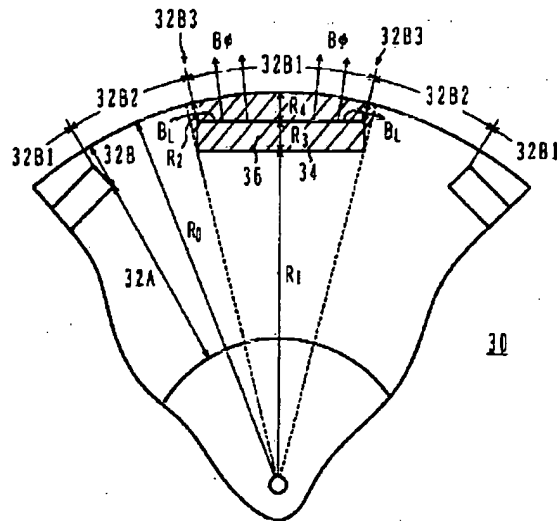
【図1】



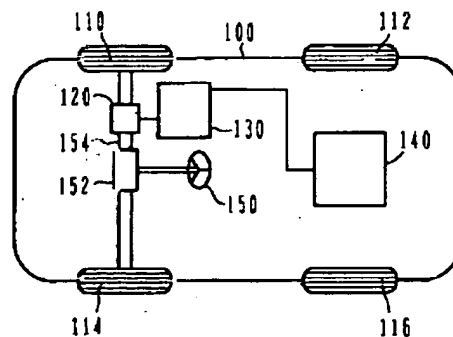
【図4】



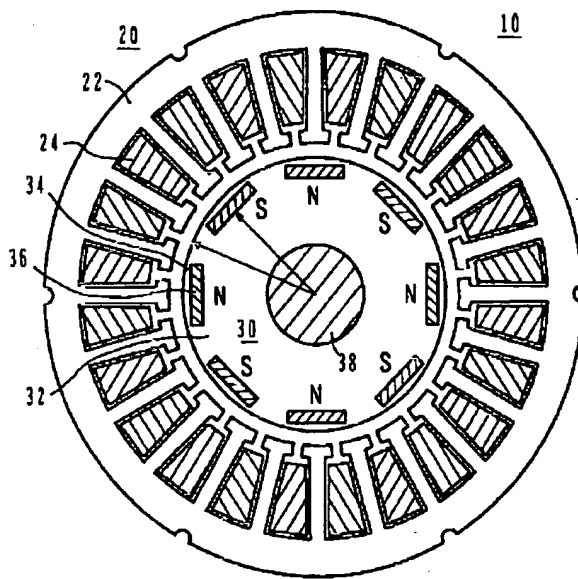
【図3】



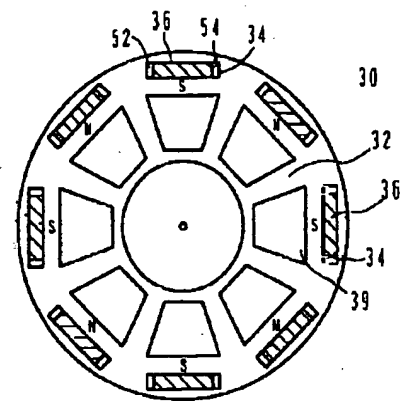
【図8】



【図2】

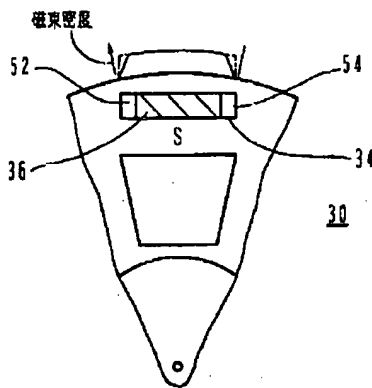


【図5】

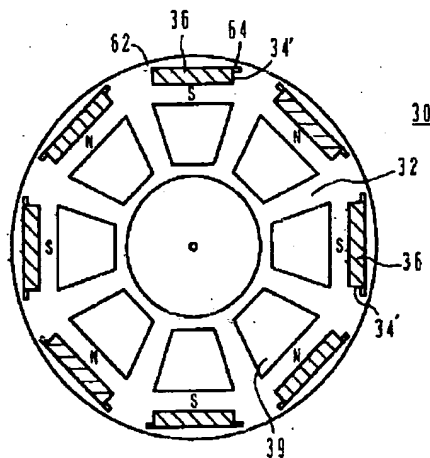


- 10: 永久磁石回転電機  
 20: 固定子  
 22: 固定子鉄心  
 24: 固定子巻線  
 30: 回転子  
 32: 回転子鉄心  
 36: 永久磁石

【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 川又 昭一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 渋谷 末太郎

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 小泉 修

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 小田 圭二

茨城県ひたちなか市高場2477番地 株式会社日立カーエンジニアリング内